

materia

Química Inorgánica

unidade didáctica 4

A auga

M^a Isabel Fernández García e M^a Elena Labisbal Viqueira

Departamento de Química Inorgánica
Facultade de Ciencias



VICERREITORÍA DE ESTUDANTES,
CULTURA E FORMACIÓN CONTINUA



unidade didáctica 4

A auga

M^a Isabel Fernández García e M^a Elena Labisbal Viqueira
Departamento de Química Inorgánica
Facultade de Ciencias



© Universidade de Santiago de Compostela, 2011

Deseño

Unidixital

Edita

Vicerreitoría de Estudantes, Cultura
e Formación Continua da
Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime

Unidixital

Servizo de Edición Dixital da
Universidade de Santiago de Compostela

Dep. Legal: C 2093-2011

ISBN 978-84-9887-739-7

ADVERTENCIA LEGAL: reservados todos os dereitos.
Queda prohibida a duplicación, total ou parcial desta
obra, en calquera forma ou por calquera medio (elec-
trónico, mecánico, gravación, fotocopia ou outros) sen
consentimento expreso por escrito dos editores.

MATERIA: Química Inorgánica

TITULACIÓN: Enxeñaría de Procesos Químicos Industriais

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

Bloque I. Introdución a Química Inorgánica.

Concepto, metodoloxía e importancia da Química Inorgánica.

Bases para o estudo sistemático dos elementos e seus compostos

Bloque II. Hidróxeno

Hidruros

Auga

Aplicacións

Bloque III. Elementos do Grupo 17: Os Halóxenos

Haluros

Oxoácidos e oxosales máis importantes.

Obtención e aplicacións

Bloque IV. Elementos do Grupo 16

Combinacións binarias

Oxoácidos e oxosales máis importantes

Obtención e aplicacións

Bloque V. Elementos do Grupo 15

Combinacións binarias

Oxoácidos e oxosales máis importantes

Obtención e aplicacións

Bloque VI. Elementos do Grupo 14

Combinacións binarias

Oxoácidos e oxosales máis importantes

Obtención e aplicacións

Bloque VII. Química dos Metais dos Grupos Principais

Principais características dos metais e seus compostos

Bloque VIII. Química dos Metais de Transición e os Compostos de Coordinación

Principais características dos metais e seus compostos

ÍNDICE

Presentación	7
Os obxectivos	7
A metodoloxía	8
Os contidos	8
1. Estado natural	9
2. Estrutura e enlace	10
2.1. O enlace de hidróxeno	10
3. Propiedades físicas	11
3.1. Constante dieléctrica	11
3.2. Densidade	12
3.3. Outras propiedades	12
4. Propiedades químicas	13
4.1. Acción disolvente	13
4.2. Disociación da auga	14
4.3. Comportamento ácido-base	14
4.4. Comportamento redox	14
4.5. A auga nos compostos químicos	15
5. Tecnoloxía da auga	15
5.1. Auga potable	16
5.2. Desalinización de auga do mar	16
Actividades propostas	17
A posta en práctica desta UD / Avaliación da UD	18
Bibliografía	19

PRESENTACIÓN

A presente unidade didáctica está englobada dentro do tema do hidróxeno, Bloque II, e centrado nos hidruros, nome adoptado xenericamente para todos os compostos que forma o hidróxeno con outro elemento químico. Estes temas abórdanse despois de facer unha presentación do que é a Química Inorgánica e que temas aborda.

Nesta unidade faise un estudo da auga, da súa importancia biolóxica e a nivel xeral, da súa utilización industrial, e dos procesos que implican a obtención de auga potable. A súa utilización como disolvente faina imprescindible en gran cantidade de reaccións químicas, polo que durante o desenvolvemento da materia será recorrente a súa utilización.

A unidade didáctica está deseñada para ser desenvolvida nunhas 3,5 horas.

OS OBXECTIVOS

1. Xerais da materia

- Adquirir os coñecementos máis salientables da Química Inorgánica.
- Relacionar estes coñecementos directamente cos máis importantes procesos industriais.
- Adquirir destreza para a aplicación práctica dos coñecementos acadados a casos reais.

Preténdese que o alumnado, dado que a Titulación é Grao en Enxeñaría de Procesos Químicos Industriais, vexa as seguintes epígrafes: concepto de Química Inorgánica. Coñecemento sistematizado por grupos dos elementos químicos e os seus compostos máis importantes mediante o exame dos seguintes aspectos: estrutura, propiedades físicas e químicas.

2. Específicos da unidade didáctica

- Comprender a importancia da auga no planeta terra, relacionada coa vida.
- Aprender tamén a súa importancia en procesos non puramente biolóxicos.
- Tomar conciencia do recurso natural tan escaso que supón a auga doce na Terra.

- Coñecer o enlace e interaccións que aparecen na propia molécula de auga e entre ditas moléculas.
- Coñecer procesos de potabilización e desalinización da auga.
- Coñecer a importancia que ten a auga nas súas utilizacións a nivel industrial.
- Levar a cabo experimentalmente procesos nos que interveña a auga:, como disolvente, ácido-base, redox, hidrólise.
- Utilizar a capacidade que ten a auga para formar hidratos, facendo procesos de hidratación e deshidratación no laboratorio.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

A metodoloxía basearase fundamentalmente nas seguintes actividades

- Clases maxistrais (2 sesións de 50 minutos), nas citadas clases utilizaranse recursos como presentacións en diapositivas, utilización de recursos de Internet, ademais das presentacións orais utilizando encerado. As citadas clases basearanse en expor ao alumnado as ideas básicas dos temas expostos (que serán resumidas nun guión), deixando unha parte de material para traballo persoal do alumnado.
- Seminarios (1 sesión de 25 minutos), para a súa realización subminístranse boletíns de cuestións e propóranse problemas relacionados coa materia impartida. Nos seminarios tamén se resolven as cuestións presentadas polo alumnado.
- Titorías (1 sesión de 25 minutos), as titorías se levarán a cabo como entrevistas persoais para conseguir un seguimento adecuado do proceso de aprendizaxe do alumnado.
- Prácticas de laboratorio (1 sesión de 1 hora), realizaranse prácticas nas cales a auga actúe como disolvente, como axente hidratante e como axente hidrolizante. As prácticas teñen como obxectivo fundamental que se fixen os coñecementos teóricos, así como adquirir destreza no manexo do material e instrumental do laboratorio.

OS CONTIDOS BÁSICOS

A auga é o composto máis abundante na biosfera. A súa enorme importancia aparece resumida nas seguintes funcións: é o líquido que actuou como disolvente para que nel se desenvolvesen as moléculas da vida, é o compoñente maioritario nos seres vivos (valores entre un 65-95 % en peso), as súas específicas propiedades físicas e químicas fanlle ser de vital importancia biolóxica. Debido a estes motivos, aínda sendo un composto inorgánico, pode considerarse a auga como a molécula motor da vida, termo que parecería asociado a un composto de tipo orgánico.

No noso planeta a vida sen auga sería inimaxinable. Pero ademais desta citada e importantísima función biolóxica a auga é tamén fundamental noutros procesos da vida diaria e tamén a nivel industrial, nestes procesos a función que realiza a auga xeralmente aparece asociada coas súas excelentes propiedades disolventes, de feito coñéceselle como o disolvente universal.

1. Estado natural

Na natureza a auga aparece no tres estados de agregación: sólida, líquida e gasosa. A chamada hidrosfera, cobre as 3/4 partes da superficie terrestre. Da cantidade total de auga un 97% en volume é auga salgada, maioritariamente en mares e océanos e o 3% restante é doce, da cal un 2% atópase en forma sólida formando os xeos das zonas polares e o 1% é líquida (ríos, lagos...). Na atmosfera tamén aparece vapor de auga, en cantidades centesimais respecto da auga total.

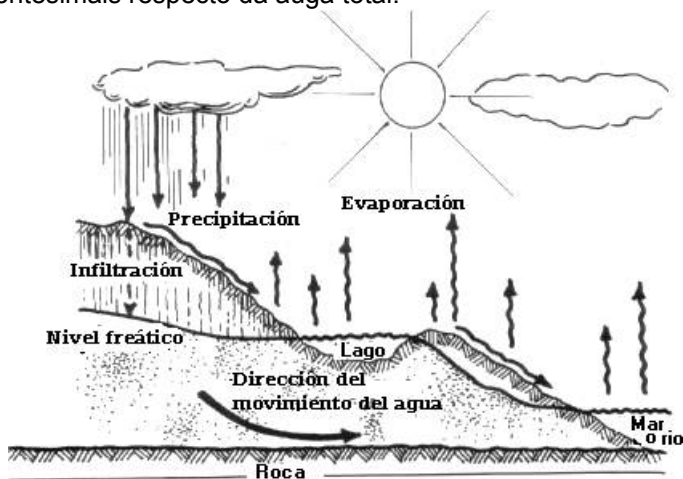


Figura 1. Ciclo da auga

<http://www.jmarcano.com/nociones/ciclo1.html>

A auga está en continua transformación na natureza constituíndo o chamado ciclo da auga (figura 1).

2. Estrutura e enlace

A auga está constituída por moléculas que presentan un átomo de osíxeno unido a dous átomos de hidróxeno.

A auga está constituída por moléculas que presentan un átomo de osíxeno unido a dous átomos de hidróxeno mediante ligazóns de tipo covalente. A estrutura da molécula é angular, o átomo de osíxeno ten unha hibridación sp^3 , e os seus dous pares de electróns non compartidos xeran repulsións de modo que se reduce o valor do ángulo de ligazón até $104,5^\circ$.

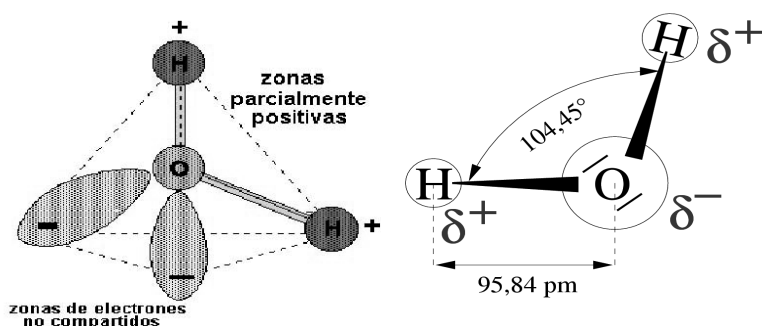


Figura 2. Estrutura da molécula e cargas parciais.

<http://ricardi.webcindario.com/quimica/aquadi.htm>

http://colectivo-cae.blogspot.com/2009/04/el-equilibrio-carbonico-en-el-acuario_20.html

É unha molécula dipolar posto que o átomo de osíxeno presenta unha carga parcial negativa (electronegatividade 3,5) e sobre os átomos de hidróxeno aparece unha carga parcial positiva (electronegatividade 2,1) (figura 2). A aparición de ligazón entre os átomos de hidróxeno e un átomo fortemente electronegativo, o osíxeno, ademais de conferir ese forte comportamento dipolar á molécula de auga, proporciónalle a característica de que se produza unha interacción entre moléculas de auga máis forte que as de van der Waals dipolo-dipolo, dita interacción coñécese co nome de ligazón ou enlace de hidróxeno e proporciona á auga a maioría das súas propiedades, que foron e son fundamentais para a existencia da vida no noso planeta.

2.1. O enlace de hidróxeno

Como indicamos entre as moléculas de auga establécese unha forte interacción tipo enlace de hidróxeno. Esta ligazón establécese entre un átomo de hidróxeno unido a un átomo electronegativo e outro átomo

electronegativo que posúa un par de electróns non compartidos. A existencia da ligazón de hidróxeno fai que os puntos de fusión e ebulición da auga sexan moito máis alto que os esperados para hidruros do seu grupo na táboa periódica. Isto confire á auga propiedades tremendamente interesantes, como o seu rango en estado líquido comprendido entre 0 °C e 100 °C, o que lle fai alcanzar unhas poderosas calidades como disolvente e de novo lévanos a relacionalo coa aparición de vida na Terra, posto que nela foi o medio na que se desenvolveu.

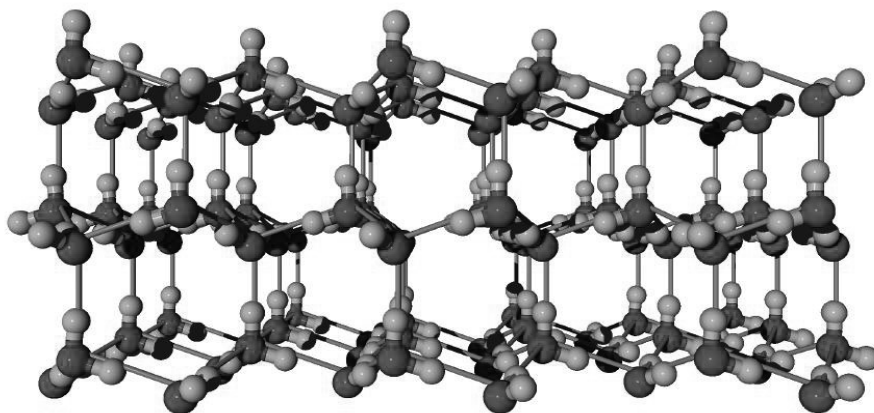


Figura 3. Rede cristalina da auga.

<http://www.ifm.liu.se/compchem/research/hbonds/>

A existencia de enlace de hidróxeno ten tamén importantes efectos na estrutura do estado sólido da auga, o xeo, que posúe unha rede cristalina infinita (figura 3), tipo wurtzita, cada átomo de osíxeno participa en catro enlaces con átomos de hidróxeno, dúas ligazóns covalentes con dous átomos de hidróxeno e dúas ligazóns de hidróxeno utilizando os seus pares de electróns sen compartir. A estrutura cristalina do xeo presenta unha rede moi aberta o que ten como consecuencia que presente unha densidade relativamente baixa.

3. Propiedades físicas

3.1. Constante dieléctrica

Diremos que motivada pola súa estrutura angular a auga presenta un forte momento dipolar, 1'85 D (debye), de tal forma que o valor da súa constante dieléctrica é moi elevado 78'5, o que fai que as especies cargadas electricamente sexan dissociadas facilmente en presenza de auga (figura 4).

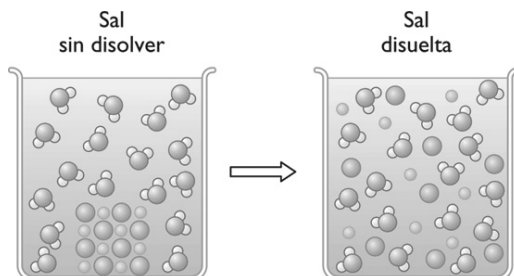


Figura 4. Disociación dun sal.

http://uy.kalipedia.com/geografia-mexico/tema/poder-disolvente-agua.html?x=20070924klpcnafvg_82.Kes&ap=3

3.2. Densidade

Indicarase que o seu máximo valor (1g cm^{-3}) preséntao a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (figura 5). Segundo xa se indicou a estrutura cristalina do xeo é moi aberta, motivando que este teña unha densidade baixa, $0,92\text{ g.cm}^{-3}$. O comportamento da densidade da auga é irregular xa que ao fundirse, 273 K , a rede cristalina colápsase parcialmente, de tal forma que permite que algunhas moléculas de auga ocupen cavidades da propia rede cristalina, o que motiva que a densidade experimente un aumento que alcanza un máximo a 277 K . Entre este valor e 373 K o efecto que impera é a súa expansión térmica e a densidade diminúe.

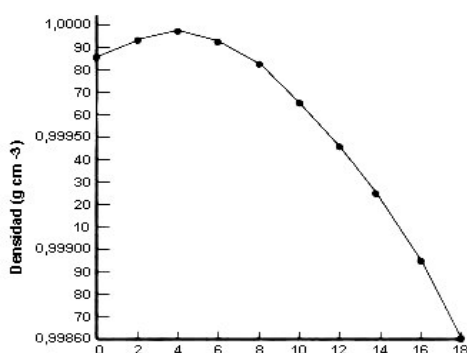


Figura 5. Densidade da auga(g cm^{-3}) fronte a $T\text{ }(^{\circ}\text{C})$

<http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?GUID=f3c49f56-6ea1-48c9-8c55-7382916706a5&ID=133092>

3.3. Outras propiedades físicas

Outras propiedades de importancia son:

3.3.1. Gran calor específica

Explicarase que a auga pode absorber grandes cantidades de "calor" que utiliza para romper os enlaces de hidróxeno polo que a temperatura se eleva moi lentamente. Ten calor específica elevada ($4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) o que produce que o clima cerca das zonas costeiras oscile moito menos que nas zonas continentais. Isto permite que o medio acuoso sirva de protección ante os cambios de temperatura. Así manténse a temperatura constante.

3.3.2. Elevada calor de vaporización

Serve o mesmo razoamento xa que tamén os enlaces de hidróxeno son os responsables desta propiedade. Para evaporar a auga, primeiro hai que romper os enlaces de H e posteriormente dotar as moléculas de auga da enerxía cinética suficiente para pasar da fase líquida á gasosa. Para evaporar un gramo de auga precisáanse 540 calorías, a unha temperatura de 20°C .

A auga mantén o mesmo comportamento no punto de ebulición, 273 K , que moitas ligazóns de hidróxeno, o cal leva a este valor tan elevado e a que os valores da entalpía e a entropía de vaporización sexan moi elevados.

- Entalpía de fusión: $\Delta H^\circ_{\text{fus}} (273 \text{ K})/\text{kJ mol}^{-1}$ 6'01
- Entalpía de vaporización: $\Delta H^\circ_{\text{vap}} (373 \text{ K})/\text{kJ mol}^{-1}$ 40'65
- Entropía de vaporización: $\Delta S^\circ_{\text{vap}} (373 \text{ K})/\text{kJ mol}^{-1}$ 109

As citadas propiedades gardan relación coa vida, xa que impide que o xeo se deposite no fondo do mar ao flotar, e tamén fai de regulador térmico (na costa o contraste de T^a é menor que no interior).

4. Propiedades químicas

Mencionaranse as propiedades máis importantes.

4.1. Acción disolvente

Indicaremos que a auga é o líquido que máis substancias dissolve, por iso dicimos que é o disolvente universal.

As moléculas de auga poden disolver substancias iónicas (figura 4) os ions das sales son atraídos polos dipolos da auga, quedando "atrapados" e recubertos de moléculas de auga en forma de ions hidratados ou solvatados (figura 6).

Recordarase aquí o ciclo termodinámico (figura 6) de disolución de substancias iónicas nas que están implicadas as entalpias de enerxía

reticular (ΔH_U) do composto iónico, as entalpias de hidratación (ΔH_L) dos anións e mais dos cátions. Explicarase por que as entalpias de hidratación dos cátions é maior para o mesmo tamaño que as dos anións.

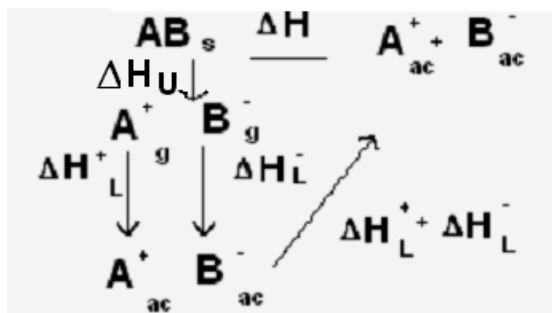


Figura 6. Diagrama termodinámico de disolución de especies iónicas.

4.2. Disociación da auga

A auga pura ten a capacidade de autodisociarse en ións, polo que en realidade se pode considerar unha mestura de: auga molecular (H_2O), protóns hidratados (H_3O^+) e ións hidroxilo (OH^-)

En realidade esta disociación é moi débil na auga pura, e así o **produto iónico da auga** a 25 °C:

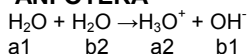
$$K_w = [H^+] [OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

4.3. Comportamento ácido-base

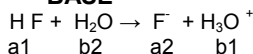
Para ver este comportamento faremos uso dos diferentes conceptos ácido-base.

Indicaremos o comportamento según Brönsted-Lowry, que será: anfótero, ácido e base, marcando os seus ácidos e bases conxugadas

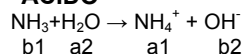
ANFÓTERA



BASE



ÁCIDO



Tamén mencionaremos que se utiliza a auga para marcar a forza relativa de pares conxugados e que se representa nunha escala. Os ácidos están por enriba do H_3O^+ son ácidos fortes e as bases que están por debaixo do OH^- son bases fortes. Segundo Lewis a auga actúa como base a través dos pares de e^- non compartidos

4.4. Comportamento redox da auga

O diferente comportamento da auga se verá indicando que se comporta:

Como oxidante fronte a substancias redutoras como os metais desprendendo H_2 : $2 H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

Como redutor fronte a oxidantes fortes como os halóxenos, desprendendo O_2 : $O^{2-} - 2e^- \rightarrow \frac{1}{2} O_2$

Para rematar esta epígrafe falaremos do diagrama de estabilidade das substancias en auga, indicando o valor do potencial dos semipares a diferente pH. Dita estabilidade vese incrementada 0,5 V por riba e por debaixo da zona de estabilidade debido a cinética da reacción (figura 7).

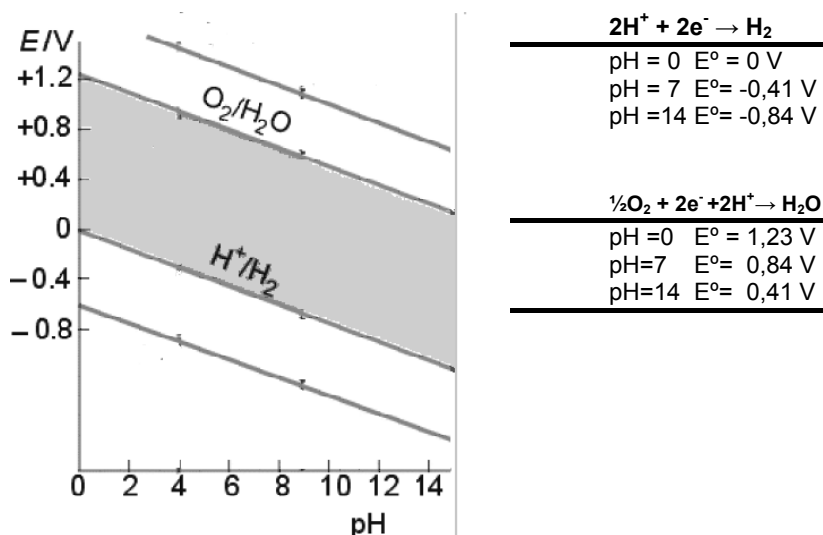


Figura 7. Diagrama de estabilidade da auga.

4.5. A auga nos compostos químicos

Mencionaremos que a auga pode aparecer nos compostos químicos como:

Auga de coordinación: en compostos de dito nome: $[M(H_2O)_n]^{+n}$; $[Co(H_2O)_6]^{+3}$

Auga de cristalización, a que é necesaria para formar a rede: $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$

Auga interlaminar a que queda ocluída entre láminas por exemplo nos silicatos como as arxilas e acuoclatratos cando é a estrutura cristalina da auga a que permite que pequenos átomos o moléculas queden ocluídos na súa rede, por exemplo $Cl_2(H_2O)_{7,5}$.

5. Tecnoloxía da auga

Como xa mencionamos, nunha carreira técnica este é o apartado máis próximo para a futura aplicación dos estudos feitos. Fixarémonos polo tanto nos apartados de: auga potable e desalinización de auga do mar.

5.1. Auga potable

Seguindo as indicacións do BOE a auga para consumo humano debe cumprir uns requisitos. Falarase moi brevemente da tecnoloxía de potabilización da auga nas técnicas mais empregadas como: cloración, ozonización

Na cloración elimínanse xermes patóxenos, oxídanse os catións $M(II)$ a $M(III)$, clóranse compostos orgánicos e NH_4^+ a cloraminas, a floculación permite eliminar partículas en suspensión usando xeles de gran tamaño como Al^{3+} e Fe^{3+} , filtración dos flóculos formados, eliminación de impurezas inorgánicas solubles como $Ca(HCO_3)_2$ a $CaCO_3$, eliminación de impurezas orgánicas disoltas con carbón activo que elimina o exceso de cloro, oxida NH_4^+ e compostos orgánicos (praguicidas, ...) e elimina metais pesados Pb, Hg para por último facer unha cloración sanitaria (de 0,1 a 0,2 $mg\ L^{-1}\ Cl_2$) (figura 8)

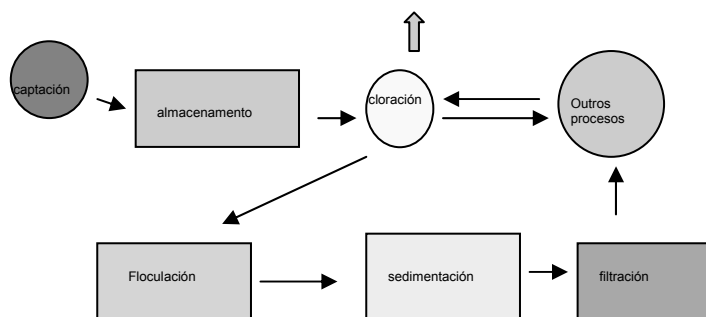


Figura 8. Esquema do proceso de cloración.

5.2. Desalinización de auga do mar

Falarase das novas tecnoloxías que permiten a obtención de auga doce (contido en sales inferior a 500 ppm) a partir da auga de mar (contido en sales da orde de 35.000 ppm).

A destilación foi a máis empregada nas súas variedades de destilación térmica (a máis xeral) ou as máis modernas como por destilación solar ou por compresión do vapor.

Emprégase o método de evaporación súbita. Auga de mar baixo presión quéntase a 100 °C e introdúcese nunha cámara que se atopa a unha presión menor. O resultado é unha evaporación instantánea por descompresión, chamada destilación súbita. O vapor condénsase en tubos

polos que flúe auga de mar fría, quentándoa. A auga doce sepárase, namentres que a auga salgada non evaporada pasa a outra cámara que ten unha presión menor ca primeira. A vaporización instantánea ocorre outra vez, a temperatura da auga salgada diminúe, mentres que a da auga do mar que corre polos tubos, para condensar o vapor, aumenta. Neste procedemento o intercambio de calor é moi eficiente. Cando a auga do mar a 20 °C é quentada a 100 °C, evaporada en varias cámaras e eventualmente descargada a 30 °C outra vez ó mar, as perdas de calor son escasas. Na actualidade esta técnica representa o 70% da capacidade instalada na Terra. As súas desvantaxes son a corrosión e as incrustacións de sales como carbonato de calcio (CaCO_3), hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) e sulfato de calcio (CaSO_4).

A grande cantidade de enerxía que se require encarece o procedemento polo que emprega a desalinización por osmose inversa ou por electrodiálise, que se coñecen como procesos de membrana.

Para falar da osmose inversa recórdanse os conceptos de osmose xa vistos en química xeral

Osmose inversa: mediante a aplicación de presión mecánica conséguese contrarrestar a presión osmótica natural, de forma que a auga pasa desde a zona con maior concentración de sales a de menor concentración, ata obter auga pura.

Electrodiálise: separación iónica a través dunha serie de membranas situadas sucesivamente e separadas entre si milímetros. A aplicación de campos eléctricos xera a migración de ións que pasan por estas membranas que actúan como barutos (figura 9).

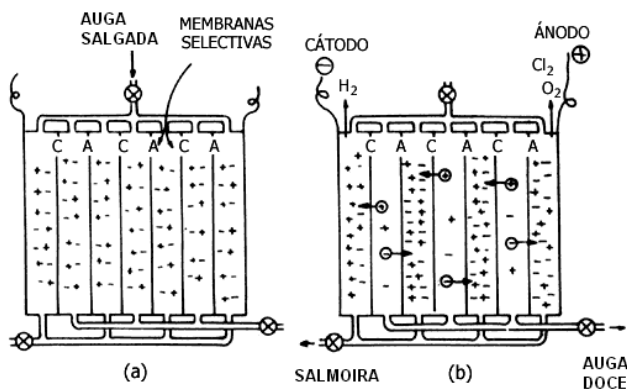


Figura 9. Principio de electrodiálise con conxunto (a) de celas separadas por membranas selectivas a os catións (C) ou a os anións (A), antes de pasar a corrente eléctrica e (b) despois de pasar a corrente.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

Subminístranse boletíns de cuestións para a súa realización, que se entregarán ao profesorado para a súa corrección. Serán revisados nos seminarios.

Proporanse a realización de traballos en parellas, relacionados con algún tema no que se implique a auga nalgún proceso industrial, estes traballos serán avaliados polo profesorado.

Realización no laboratorio dunha práctica, en grupo de dous, que se fará nunha sesión. Unha práctica poderá ser a deshidratación e posterior hidratación dun composto como o sulfato de cobre(II) pentahidratado. O alumnado terá que observar os cambios que se producen ao quentar o citado composto. Observará o aspecto do composto nese momento se comprobará tamén que ocorre cando se deixa ao aire e tamén cando se lle engade auga. Os cambios físicos, químicos e organolépticos serán estudados coidadosamente para permitir sacar as debidas conclusións. Neste mesmo composto se indicará cal é a auga de cristalización e a de coordinación.

Ou poderase facer tamén unha sinxela práctica de desalinización da auga, proceso que utilizan as plantas potabilizadoras de auga mariña.

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

A cualificación do alumnado farase mediante avaliación continua e a realización dunha proba final.

- A avaliación deberá apoiarse principalmente na realización dunha proba final escrita e común para todo o alumnado. A avaliación continua farase por medio de controles escritos, traballos entregados, participación na aula, prácticas de laboratorio e titorías.
- Terase tamén en conta a participación individualizada do alumnado nas clases e seminarios e na realización dos diferentes exercicios que se presentarán o longo do curso, a asistencia as prácticas de laboratorio e a valoración do caderno ou diario do laboratorio. A asistencia a os seminarios, titorías e prácticas de laboratorio é obrigatoria. Para superar a materia o alumnado deberá alcanzar a cualificación de apto nas prácticas de laboratorio.
- Tendo en conta as anteriores premisas a avaliación da unidade didáctica formará parte tanto do exame final como da avaliación continua. No exame final poñerase algunha cuestión do tema. Na clase de seminario será avaliada a capacidade de resolución do boletín de cuestións e problemas propostos. Na titoría en grupo avaliarase a capacidade de análise e síntese e a capacidade para aprender de maneira autónoma algunha cuestión puntual formulada polo profesor. Tamén forma parte da avaliación o traballo e a habilidade para realizar as prácticas de laboratorio.
- A distribución da avaliación total será: (a) Exame 65%, (b) Traballos/actividades/prácticas 20%, (c) Titorías 15%

- Para obter unha nota final como media ponderada dos distintos apartados, esixírase acadar unha puntuación mínima dun 35% en “traballos/actividades e titorías” e dun 65% no exame. O profesor analizará con aquel alumnado que non supere con éxito o proceso de avaliación, e así o desexe, todos os pormenores encontrados na aprendizaxe dos contidos da materia. Este alumnado contará cunha oportunidade de recuperación en xullo, que pode consistir tanto nun exame global da materia como na recuperación doutras actividades non superadas.

BIBLIOGRAFÍA

- BEYER, L., FERNÁNDEZ-HERRERO, V. (2000): *Química Inorgánica*, Ed Ariel Ciencia.
- BUCHER, W., SCHLIEBS, R. and al. (1989): *Industrial Inorganic Chemistry*, Ed. VCH.
- COTTON, F.A., WILKINSON, G. (1996): *Química Inorgánica Avanzada*, 4ª ed., Ed Limusa.
- (1999): *Advanced Inorganic Chemistry*, 6ª ed, Wiley Interscience.
- (1978): *Química Inorgánica Básica*, 1ª ed., Ed Limusa.
- DOUGLAS, B.E.E MCDANIEL, D.H. (1994): *Conceptos y modelos de Química Inorgánica*, 2ª ed., Ed Reverté .
- (1994): *Concepts and models in Inorganic Chemistry*, 3ª ed.
- HOUSECROFT, C. E., SHARPE, A.G. (2006): *Química Inorgánica*, 2ª Ed. Ed Pearson, Madrid.
- GREENWOOD, N.N., EARNSHAW, A. (1997): *Chemistry of the Elements*, 2ª Ed., Ed Pergamon Press.
- GUTIERREZ RIOS, E. (1984): *Química Inorgánica*, 2ª ed., Ed. Reverté.
- LEE, J.D. (1997): *Concise Inorganic Chemistry*, 5ª ed. Chapman & Hall, London.
- MACKAY, K.M., MACKAY, R.A. (1997): *Introduction to Modern Inorganic Chemistry*, 5ª ed. Chapman & Hall, London,
- (1975): *Introducción a la Química Inorgánica Moderna*, 2ª ed, Ed. Reverté.
- RAYNER-CANHAM, G. (1999): *Descriptive Inorganic Chemistry*, 2ª ed, W.H.Freeman&Comp.
- (2000): *Química Inorgánica descriptiva*, 2ª ed., Ed Prentice-Hal
- SHARPE, E.G, (1996): *Química Inorgánica*. 2ª ed., Ed. Reverté.
- SHRIVER, D.F., ATKINS P.W., LANGFORD C.H. (1998): *Química Inorgánica*, 2ª ed, Ed. Reverté.
- TEGEDER, F., MAYER, L. (1987): *Métodos de la Industria Química*. 1ª Parte Inorgánica. 1ª ed., Ed Reverte.
- VALENZUELA, C. (1999): *Introducción a la Química Inorgánica*. 1ª ed., Ed McGraw Hills.

Bibliografía de prácticas

- ADAMS, D.M., RAYNOR, J.B. (1966): *Química Inorgánica Práctica Avanzada*, Ed. Reverte.

- ANGELICI, R.J. (1978): *Técnica y Síntesis en Química Inorgánica*, 2ª ed, Ed. Reverte.
- BRAUER, G. (1958): *Química Inorgánica Preparativa*, 3ª ed., Ed. Reverte.
- BRENON, F., RAFFLEGEAU, PREVOTEAU, F. D. (1993): *Chimie Inorganique et Generale*, Ed Dunod.
- DOOD, R.E.E ROBINSON, F.(1965): *Química Inorgánica Experimental*, Ed. Reverte.
- NAKAMOTO, K. (1997): *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination compounds*, 5ª ed., John Wiley and Sons.
- MARR, G.& ROCKETT, B.W. (1972): *Practical Inorganic Chemistry*, Ed Van Nostrand Reinhold.
- PASS, G.& SUTCLIFFE, H.(1974): *Practical Inorganic Chemistry*, 2ª ed., Ed. Capman&Hall.
- SCHLESSINGER G.G. (1965): *Preparación de Compuestos Inorgánicos en el Laboratorio*, Ed. Editorial Continental, México.
- SZAFRAN, Z.(1991): *Microescale Inorganic Chemistry*, Ed John Wiley and Sons cop.
- WOOLLINS, J.D. (1994): *Inorganic Experiment*, Ed. VCH.

Citas de recursos en internet

- <http://www.webelements.com/> [citado 18 xul 2011]
- <http://www.water-technology.net/> [citado 18 xul 2011]
- <http://www.biology.ualberta.ca/facilities/multimedia/uploads/alberta/watercycle.html> [citado 18 xul 2011]
- <http://www.estacionesdepuradoras.com/en/activity-and-product/potabilization/> [citado 18 xul 2011]



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

Impreso en papel 100% reciclado e libre de cloro



SERVIZO DE NORMALIZACIÓN
LINGÜÍSTICA

